คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

ความรู้เบื้องต้นวิชาแผ่นดินไหว

บทที่ 6 ริคเตอร์

ริคเตอร์ หรือนามเต็มว่า ชาร์ล ฟรานซิส ริคเตอร์ (Charles Francis Richter) กำเนิดเมื่อวันที่ 26 เมษายน ค.ศ. 1900 ณ ฟาร์มแห่งหนึ่งในเมืองแฮมิลตัน มลรัฐโอไฮโอ ประเทศสหรัฐอเมริกา บิดามารดาแยกทางกันขณะเขายังเยาว์ ปี ค.ศ.1909 เขาย้ายไปอยู่ที่เมืองลอสแองเจลิสกับนางริคเตอร์ผู้มารดา ครั้นอายุสิบหกปีริคเตอร์ได้เข้าศึกษาที่มหาวิทยาลัยแห่งแคลิฟอร์เนียใต้ หลังจากนั้นหนึ่งปีก็ย้ายไปศึกษาที่มหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดและได้สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิตสาขาฟิสิกส์เมื่อ ค.ศ.1920 จากนั้นได้ศึกษาต่อ ณ สถาบันเทคโนโลยีแห่งแคลิฟอร์เนีย จนสำเร็จดุษฎีบัณฑิตสาขาเดียวกันเมื่อ ค.ศ.1928



ชาร์ล ฟรานซิส ริคเตอร์ (ค.ศ. 1900-1985)

เดิมริคเตอร์ตั้งใจประกอบอาชีพด้านดาราศาสตร์ แต่ต้องเปลี่ยนความตั้งใจ เมื่อ โรเบอร์ต มิลลิแกน ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาขอให้เขาเป็นผู้ช่วยนักวิจัยที่ห้องปฏิบัติการด้านแผ่นดินไหว ณ สถาบันเทคโนโลยีแห่งแคลิฟอร์เนียนั้น เขาได้ปฏิบัติงาน ณ สถาบันดังกล่าวมาตลอด ยกเว้นก็แต่ช่วง ค.ศ.1959-1960 เมื่อได้ทุนฟูลไบรต์ให้ไปศึกษาดูงานที่ประเทศญี่ปุ่น

ด้านความก้าวหน้าด้านวิชาชีพ ริคเตอร์ ดำรงตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ เมื่อ ค.ศ.1947 เป็นศาสตราจารย์ ค.ศ.1952 และดำรงตำแหน่งศาสตราจารย์เกียรติคุณเมื่อ ค.ศ.1970

ตลอดระยะเวลากว่าห้าสิบปีในวิชาชีพ ริคเตอร์ นับเป็นนักวิทยาศาสตร์ชั้นแนวหน้าในสาขาวิชาแผ่นดินไหว และวิศวกรรมแผ่นดินไหว ค.ศ.1935 เป็นช่วงเวลาที่ทำให้เขามีชื่อเสียงก้องโลก เมื่อได้เสนอแนวคิดการหาขนาดแผ่นดินไหวขึ้นเป็นครั้งแรก จนเป็นที่รู้จักแม้ในปัจจุบันว่า*ขนาด*

ตามมาตราริคเตอร์ ผลงานของเขาจึงยังนับว่าทรงอิทธิพลในสาขาวิชาแผ่นดินไหว

ผลงานทางวิชาการของริคเตอร์มีเป็นจำนวนมาก เช่น ความรู้เบื้องต้นวิชาแผ่นดินไหว (Elementary Seismolgoy) จัดเป็นตำราเรียนเล่มเอกสำหรับผู้เริ่มศึกษาวิชาการสาขานี้ เขายังได้ร่วมงานกับกูเตนเบอร์กในผลงาน แผ่นดินไหวของโลก (Seismicity of the Earth) นอกจากนี้ ยังมีบทความทางวิชาการอีกกว่า 200 ชิ้น ในฐานะอาจารย์ อาจารย์ที่ปรึกษา และนักวิจัย ริคเตอร์ได้สร้างคุณูปการอย่างใหญ่หลวงให้แก่พัฒนาการของวิชาแผ่นดินไหว นาม *ริคเตอร์*จึงควรได้รับการจดจำจารึกไว้ในแวดวงวิชาการสาขานี้ตลอดไป

คำให้สัมภาษณ์ของริคเตอร์

คำถาม: เหตุใดท่านจึงให้ความสนใจวิชาแผ่นดินไหว?

ริคเตอร์: เป็นความบังเอิญที่น่าประทับใจ ตอนนั้นผมกำลังศึกษาระดับดุษฎีบัณฑิต สาขาฟิสิกส์อยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีแห่งแคลิฟอร์เนียโดยมี ดร.โรเบอร์ต มิลลิแกน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา วันหนึ่งท่านเรียกผมไปพบที่สำนักงานของท่าน กล่าวว่าห้องปฏิบัติการด้านแผ่นดินไหวแห่งสถาบันนั้น กำลังต้องการนักฟิสิกส์สักคน ผมก็เลยได้ทำงานที่นั่นตั้งแต่ ค.ศ.1927

คำถาม: ไม่ทราบว่าอะไรคือจุดเริ่มต้นของแนวคิดการหาขนาดแผ่นดินไหว?

ริคเตอร์: เป็นช่วงเวลาที่ผมร่วมงานกับทีมงานของ แฮรี วูด ผู้ปฏิบัติงานที่ห้องปฏิบัติการด้านแผ่นดินไหวอยู่ก่อนแล้ว งานหลักที่ผมได้รับมอบหมายคืออ่านบันทึกคลื่นแผ่นดินไหว หาศูนย์กลางเพื่อจัดทำรายงานศูนย์กลางแผ่นดินไหว เรื่องนี้ต้องให้เครดิตคุณแฮรี วูด ผู้เสนอโครงการวิจัยด้านแผ่นดินไหวบริเวณแคลิฟอร์เนียใต้ ตอนนั้นคุณวูดร่วมงานกับคุณแม็กเวลล์ เอเลียน ในการตรวจแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในมลรัฐแคลิฟอร์เนีย เราใช้เครื่องตรวจแผ่นดินไหวแบบบิดของวูด-แอนเดอร์สัน รวมเจ็ดสถานีที่ค่อนข้างอยู่ห่างไกลกัน ผมได้แนะนำพวกเขาว่า เราควรเปรียบเทียบแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้น โดยการวัดแอมพลิจูดของบันทึกคลื่นแผ่นดินไหวที่ตรวจได้จากสถานีเหล่านั้น ด้วยการหักแก้ตามระยะทางที่เหมาะสม ผมได้ร่วมงานกับวูดในการตรวจแผ่นดินไหวครั้งล่าสุด เราพบอุปสรรคว่าจะหาโมเดลการดูดซับพลังงานของคลื่นตามระยะทางได้อย่างไร บังเอิญผมได้อ่านบทความของ ดร.วาดาติ แห่งประเทศญี่ปุ่น กล่าวถึงการเปรียบเทียบแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ โดยอาศัยค่าการเคลื่อนที่ของพื้นดินตามระยะทาง ผมได้นำเทคนิคนั้นมาประยุกต์กับงานของเรา แต่ยังขัดข้องที่แผ่นดินไหวขนาดใหญ่สุดกับเล็กสุดมีช่วงห่างของแอมพลิจูดมากมายจนไม่รู้จะทำอย่างไร เพื่อให้การพล็อตค่าเหล่านี้เป็นไปได้ ดร.กูเตนเบอร์ก แนะนำให้ใช้ค่าล็อกการิธึม จึงทำให้สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้อย่างดี นี่เองที่ทำให้ผมได้แนวคิดในการจัดขนาดของแผ่นดินไหว นอกจากนี้ เส้นโค้งการดูดซับพลังงานของคลื่นแผ่นดินไหวตามระยะทางยังสอดคล้องกับค่าแอมพลิจูดด้วย ทำให้สามารถหาค่าเฉลี่ยได้เมื่อเคลื่อนค่าต่าง ๆ ที่ตรวจได้ในแนวดิ่งให้ขนานกับเส้นโค้งเดิม ช่วงต่างของค่าล็อกการิธึมของแผ่นดินไหวแต่ละครั้งจึงถูกนำมาเป็นค่า

ขนาดของแผ่นดินไหวเชิงเครื่องมือ คุณวูดแนะนำว่า ค่าที่ได้นี้ควรมีชื่อเรียกให้แตกต่างจากระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวตอนนั้นผมพอมีความรู้ด้านดาราศาสตร์อยู่บ้างจึงได้เรียกค่าที่ได้ใหม่นี้ว่าขนาด (Magnitude) อย่างเดียวกับที่ใช้เรียกค่าความสว่างของดาวนั่นเอง

คำถาม: ไม่ทราบว่าจะมีวิธีการอย่างไร ในการปรับค่าขนาดแผ่นดินไหวดังกล่าวกับแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในที่ต่าง ๆ ทั่วโลก?

ริคเตอร์: นี่เป็นคำถามที่ดีและเป็นประเด็นจริง ๆ เนื่องจากการหาค่าขนาดที่ผมประกาศใช้ครั้งแรกในปี ค.ศ.1935 นั้น เป็นผลมาจากการตรวจแผ่นดินไหวเฉพาะในแคลิฟอร์เนียใต้ และได้จากการตรวจวัดของเครื่องมือที่มีแบบเฉพาะของมัน การปรับวิธีหาค่าขนาดแผ่นดินไหวในที่ต่าง ๆ ทั่วโลก ซึ่งมีเครื่องมือแตกต่างกัน เริ่มเมื่อ ค.ศ.1936 จากความร่วมมือของ ดร. กูเตนเบอร์ก วิธีการคือเราใช้รายงานผลการตรวจวัดค่าแอมพลิจูดของคลื่นพื้นผิว ที่มีช่วงคลื่นประมาณ 20 วินาที ทำให้สามารถปรับวิธีการหาค่าขนาดได้ทั่วโลก

คำถาม: ไม่ทราบว่า ดร.กูเตนเบอร์ก ได้มองหาวิธีอื่น ๆ ในการหาค่าขนาดแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นทั่วโลกหรือไม่อย่างไร?

ริคเตอร์: แน่นอนครับ ดร.กูเตนเบอร์กได้ทำงานของท่านต่อไปโดยผมไม่ค่อยได้มีส่วนมากนัก ท่านได้นำผลการตรวจวัดแอมพลิจูดและช่วงคลื่นของคลื่นหลักได้แก่ คลื่นพี คลื่นเอสและคลื่นพีพีมาใช้ ผลคือ ท่านพอใจวิธีหลังนี้มากกว่าการตรวจวัดคลื่นพื้นผิว ตอนนั้นผมคิดว่า ตามทฤษฎีก็น่าจะเป็นวิธีที่ดีกว่า อย่างไรก็ตาม ประสบการณ์ได้สอนให้เรารู้ว่า ความไม่เข้าใจอย่างถ่องแท้และการประยุกต์ใช้อย่างผิดพลาดเกิดขึ้นได้เสมอ ยกตัวอย่างเช่น บางครั้งเราพบว่า ค่าขนาดของแผ่นดินไหวนั้นได้จากผลการตรวจวัดแอมพลิจูดและช่วงคลื่นของคลื่นพีสองสามคลื่นแรก ไม่ใช้ถอยห่างออกไปมาก ๆ อย่างที่กูเตนเบอร์กทำ หรือแผ่นดินไหวที่เกิดขึ้นในระดับลึก เราพบว่าคลื่นหลักนั้นได้สูญเสียพลังงานไปมาก กว่ามันจะเดินทางขึ้นไปถึงเปลือกโลก เมื่อเทียบกับแผ่นดินไหวระดับตื้นที่ไม่สูญเสียพลังงานไปเท่าใดเลย

คำถาม: ประชาชนจำนวนมาก คิดว่าขนาดแผ่นดินไหวตามมาตราริคเตอร์ มีค่าไม่เกิน10 ท่านมีความเห็นอย่างไร?

ริคเตอร์: ผมต้องขอกล่าวย้ำเพื่อแก้ไขความเชื่อนี้ โดยหลักการแล้ว แผ่นดินไหวแต่ละค่าขนาดแสดงถึงความแตกต่างเป็นสิบเท่าของระดับการเคลื่อนที่ของพื้นดินขณะเกิดแผ่นดินไหว แต่ไม่ได้หมายความว่า แผ่นดินไหวจำกัดอยู่แต่เพียงขนาด 10 เหมือนที่ใช้กับค่าระดับความรุนแรง อย่างไรเสีย ผมดีใจที่สื่อได้กล่าวถึงค่าขนาดแผ่นดินไหวตามมาตราริคเตอร์ที่มีลักษณะเป็นสเกลเปิด ค่าขนาดแผ่นดินไหวนั้น เป็นผลมาจากการทำงานของเครื่องตรวจแผ่นดินไหว แม้เรานำค่าล็อกการิธึมมาใช้ก็จริงอยู่ แต่ค่านั้นไม่มีเพดานจำกัด อย่างไรก็ตาม เท่าที่ผ่านมา เราพบว่าแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สุดมีค่าประมาณ 9 แต่นั้นเป็นข้อจำกัดของปรากฏการณ์ของโลก ไม่ใช้ข้อจำกัดของการตรวจวัด

คำถาม: ไม่ต้องสงสัยเลยว่า ท่านจะต้องถูกตั้งคำถามเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างขนาดกับระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว?

ริคเตอร์: นี่เป็นอีกประเด็นหนึ่ง ที่ทำให้ประชาชนสับสน ผมอยากเปรียบเทียบกับการส่งคลื่นวิทยุ เพราะสามารถเทียบได้กับวิชาแผ่นดินไหว โดยเครื่องตรวจแผ่นดินไหวเปรียบได้กับเครื่องรับวิทยุที่ทำหน้าที่แสดงผลของคลื่นแผ่นดินไหวที่ถูกส่งออกมาจากแหล่งกำเนิด เทียบได้กับคลื่นวิทยุที่ถูกส่งออกมาจากสถานีวิทยุกระจายเสียง ขนาดของแผ่นดินไหวเปรียบได้กับกำลังส่งที่มีหน่วยเป็นกิโลวัตต์ของคลื่นวิทยุที่ถูกส่งออกไปส่วนระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหวตามมาตราเมอคัลลี เปรียบได้กับความดังของคลื่นวิทยุ ณ เครื่องรับแต่ละแห่ง ที่ขึ้นกับคุณภาพของสัญญาณจากสถานีส่งไปยังเครื่องรับ เช่น อ่อนกำลังลงเมื่อเดินทางผ่านระยะทางไกล ๆ นอกจากนี้ สมบัติของเส้นทางเดินของคลื่น มีผลต่อกำลังของคลื่นจากต้นทางไปยังปลายทางด้วยเช่นกัน

คำถาม: ท่านมีความเห็นอย่างไร เกี่ยวกับการประเมินเพื่อทบทวนค่าขนาดของแผ่นดินไหวเมื่อเร็ว ๆ นี้?

ริคเตอร์: การตรวจสอบเป็นเรื่องธรรมดาของวิทยาศาสตร์ เมื่อคุณทำการตรวจวัดปรากฏการณ์หนึ่งผ่านไปนาน ๆ หลักการเดิมของเราในการหาค่าขนาดแผ่นดินไหว คือ อาศัยผลการตรวจจากเครื่องตรวจแผ่นดินไหว ต่อมาเมื่อมีการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับพลังงานของแผ่นดินไหว ก็นับว่าเป็นการตรวจวัดเชิงปริมาณเช่นกัน เมื่อสมมุติฐานที่ใช้ในการคำนวณพลังงานของแผ่นดินไหวเปลี่ยนไป ย่อมมีผลต่อผลลัพธ์เป็นธรรมดา แม้ใช้ข้อมูลชุดเดียวกัน อย่างไรก็ตาม เราพยายามที่จะรักษาความหมายของคำว่าขนาดแผ่นดินไหวให้ใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดที่สุดเท่าที่จะทำได้ ผลเป็นอย่างไร แน่นอน ผลย่อมเป็นไปในทางเดียวกัน ยกเว้นเฉพาะตัวแปรที่เป็นค่าคงตัวเท่านั้น และนี่เป็นข้อพิสูจน์ถึงความจริง เกินกว่าที่เราคาด

อนาคตของการหาขนาดแผ่นดินไหวที่น่าจับตามองที่สุด คือ วิธีที่ใช้ได้เหมือนกันหมดทั่วโลก ไม่ว่าเครื่องมือที่ใช้ตรวจเป็นแบบใด อย่างที่เราคาดไว้แต่แรก เราควรยินดี ถ้ามีการแบ่งแผ่นดินไหวออกเป็นสามขนาดคือ ใหญ่ กลางและเล็ก ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงข้อผิดพลาดเล็ก ๆ น้อย ๆ จากการคำนวณของแต่ละบุคคลหรือเครื่องมือแต่ละแบบ

งานของ ดร.คานาโมริและคณะ เน้นที่รายละเอียดของแผ่นดินไหวแต่ละครั้ง ถึงตอนนี้ เราน่าจะมาถึงจุดหลีกพ้นค่าขนาดแผ่นดินไหวที่แตกต่างกันอันเนื่องจากวิธีการคำนวณ หรือเครื่องมือที่ใช้ตรวจวัด ว่าไปแล้วก็คล้ายกับดาราศาสตร์ เมื่อความสว่างที่ต่างกันของดาว ขึ้นกับความยาวคลื่นแสงที่วัด เช่น ดาวบางดวงส่งพลังงานออกไปมากในย่านอินฟราเรด จึงมีการใช้ค่าความสว่างสัมพัทธ์ แทนที่จะใช้ย่านช่วงคลื่นกลางของแสง นี่เป็นอุปมาของการตรวจวัดขนาดแผ่นดินไหวที่ ดร.คานาโมริและคณะกำลังดำเนินการอยู่

คำถาม: ไม่ทราบว่าขณะนี้ท่านได้ร่วมดำเนินการประเมินความเสี่ยงภัยด้านแผ่นดินไหวอยู่หรือไม่?

ริคเตอร์: ใช่ครับ ผมเป็นที่ปรึกษาโครงการโดยเฉพาะการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัย ปัญหาของการประเมินอัตราเสี่ยงด้านแผ่นดินไหวเริ่มต้นที่ด้านธรณีวิทยา ธรณีฟิสิกส์ และท้ายสุดเป็นด้านวิศวกรรม เมื่อได้พื้นที่ในการวิเคราะห์ สิ่งที่เราต้องทำ คือ ประเมินผลกระทบของแรงสั่นสะเทือนที่มีต่อโครงสร้างต่าง ๆ ในพื้นที่ดังกล่าว ตามปกติ ต้องบรรยายถึงลักษณะการออกแบบโครงสร้างด้านวิศวกรรมกับผลกระทบที่ได้รับจากแรงสั่นสะเทือนในอดีตที่ผ่านมา หรือกับแรงสั่นสะเทือนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น จากนั้นก็มาถึงปัญหาด้านวิศวกรรม วิศวกรต้องพิจารณาถึงแรงสั่นสะเทือนที่คาดว่าจะเกิดขึ้น แล้วพิจารณาเกี่ยวกับโครงสร้างที่จำเป็นที่ทำให้โครงสร้างปลอดภัยอยู่ได้บนพื้นที่นั้น

ก้าวแรกสู่โครงสร้างต้านทานแรงสั่นสะเทือนจากแผ่นดินไหว คือ การกำหนดค่าอัตราเร่งของพื้นดินขณะเกิดแผ่นดินไหว โดยมุ่งเน้นไปที่ตัวแปรของอัตราเร่งในแนวระนาบ เหตุผลง่าย ๆ ก็คือ โครงสร้างทั่วไปมีตัวแปรเกี่ยวกับความปลอดภัยในแนวดิ่งอยู่แล้ว เพื่อต้านอัตราเร่งอันเนื่องจากแรงโน้มถ่วงนั่นเอง จากการที่นักวิทยาศาสตร์เรียนรู้มากขึ้นจากแผ่นดินไหวในอดีต ทำให้ตระหนักว่าการลดอัตราเสี่ยงโดยพิจารณาแรงสั่นสะเทือนมิติเดียวนั้นไม่เพียงพอ เพราะคลื่นสั่นสะเทือนมีหลายมิติ และหลายย่านความถี่ ปัจจัยหลักคือ ช่วงเวลาของการสั่นสะเทือน หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่ง อัตราเร่งอันเนื่องจากแรงสั่นสะเทือนเกิดขึ้นนานเพียงใด

คำถาม: ไม่ทราบว่าท่านเห็นควรเสริมมาตรการลดภัยพิบัติด้านแผ่นดินไหวหรือไม่?

ริคเตอร์: ผมมักชี้ให้เห็นเสมอว่า การสูญเสียชีวิตและทรัพย์สินนั้น มักเกิดจากการวิบัติของโครงสร้างที่ไม่ปลอดภัย โดยเฉพาะโครงสร้างอิฐ หรือปูน ทุกแห่งที่มีอัตราเสี่ยงแผ่นดินไหว มักพบโครงสร้างประเภทนี้อยู่ทั่วไป แต่ก็นั่นแหละ คงยากที่จะกำจัดออกไป อย่างน้อยแคลิฟอร์เนียก็มีความก้าวหน้าในเรื่องนี้ โครงสร้างที่เกิดขึ้นใหม่ล้วนได้รับการออกแบบให้ต้านทานแผ่นดินไหว และคงป่วยการที่จะถามหาการพยากรณ์แผ่นดินไหวในขณะนี้

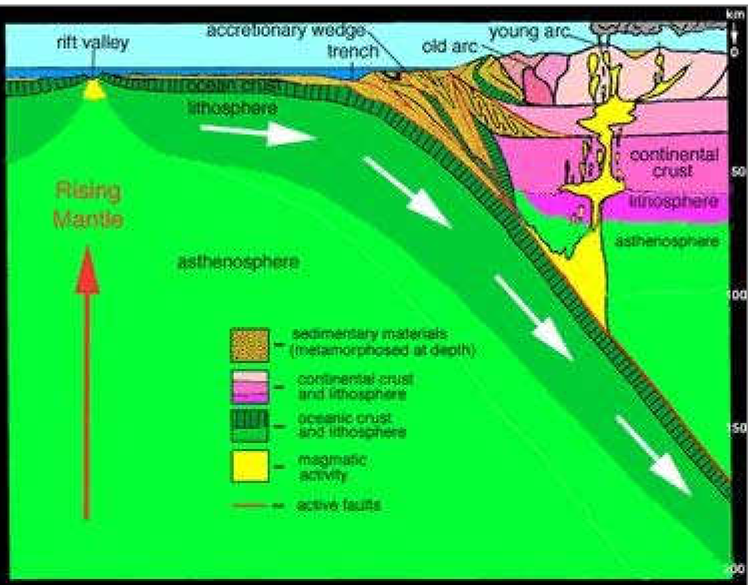
คำถาม: เกี่ยวกับประเด็นการพยากรณ์แผ่นดินไหว ท่านคิดว่าเราจะมีความก้าวหน้าหรือไม่ในทศวรรษหน้า?

ริคเตอร์: ไม่มีอะไรที่คาดหมายได้ยากกว่าความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์ สำหรับสาขาวิชาแผ่นดินไหว เรามีบุคลากรและเครื่องมือเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก หวังว่าเราจะเอาชนะสิ่งเร้นลับของธรรมชาตินี้ได้สักวัน ยกตัวอย่างเช่น เรามีความสามารถในการศึกษาเชิงเปรียบเทียบระหว่างโลกของเรากับดาวอื่น ๆ ในระบบสุริยะ การระเบิดอย่างรุนแรงของภูเขาไฟบนดวงจันทร์ บริวารของดาวพฤหัสบดีมีผลใหญ่หลวงต่อแนวคิดด้านกระบวนการทางธรณีฟิสิกส์ และธรณีเคมีภายในดาวเคราะห์และบริวาร

▲

ดูหน้าที่แล้ว < >ดูหน้าถัดไป

แผ่นใสการเรียนการสอน



ศัพท์แผ่นดินไหว และธรณีวิทยา

แบ่งตามหมวดตัวอักษร ตั้งแต่ อักษร A จนถึง Z มีภาพประกอบ และภาพเคลื่อนไหว สีสรรชัดเจน ของอดิศร ฟุ้งขจร จำนวน 185 หน้า คลิกค่ะ

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์)	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย)	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา c
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเตอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วีดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ(เกมเศรษฐี)	คดีปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์แของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ	
การเรียนการสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเตอร์เน็ต	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม

9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18.การสั่น และคลื่นเสียง
การเรียนการสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเตอร์เน็ต	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8.การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
การเรียนการสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเตอร์เน็ต	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6.ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	





ครั้งที่

2717

เซ็นสมุดเยี่ยม

ธรรมชาติมหัศจรรย์